

ワイヤレスセンサネットワークの斜面防災への適用に関する実験的研究

立命館大学大学院 学生会員 ○平井 一弘, 里見 知昭
立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構 正会員 酒匂 一成
立命館大学 理工学部 フェロー 深川 良一

1. はじめに

わが国では、降雨による斜面崩壊が多く発生している。斜面崩壊に対する危険度をリアルタイムで予測し、かけがえの無い人命や文化財を守ることは非常に重要である。斜面の安定度の変化には地盤内の水分挙動が大きく関連しており、これまで、水分挙動をより正確に把握するための研究が行われてきた^[1]。しかし、システムを運営する上で、計測機器の屋外環境への設置、コスト、システム変更などに伴う問題が挙げられている。本研究では、その解決方法として、通信のワイヤレス化を提案し(表-1)、実斜面において無線通信によってデータを取得する実験を行った。なお、本研究は国土交通省道路局が設置している「新道路技術会議」において採択された技術研究開発による研究成果である。

表-1 既存システムの問題点と通信のワイヤレス化による解決

従来の問題点	通信のワイヤレス化に伴うメリット
落雷時に全ての計測機器が破損・故障	⇒ 被害を直接受けたノードのみが故障。被害のないノードで新しいネットワークを形成
動物によるケーブルの破損	⇒ ワイヤレスなので配線そのものが不要
配線コストが高い	⇒ ノードを加えるのみで自動的にネットワークに加わる
システム変更時は配線からやり直す必要がある	⇒ チャンネル数の制限なし
計測機器の数がロガーのチャンネル数に制限される	

2. システムの概要

写真-1、写真-2 に本研究で使用するワイヤレスセンサを示す。気象観測用基板(クロスボー社製 MTS400)では湿度、温度、気圧、照度、加速度のセンサが搭載されている。外部センサ接続用基板(クロスボー社製 MDA300)には外部センサと結線できる。これらの基板はワイヤレスノード(クロスボー社製 MPR2600J)に取り付けてデータの転送を行う。データはそれぞれの計測データに加え、ノードの電池残量や通信経路に関する情報を同時に取得できる。これらの情報は Zigbee 通信によって基地局となる基板に直接、または別のセンサを経由して間接的に送信される。これらのセンサは自己編成機能を持ち、通信状態に応じて最適な通信経路を選択することができる。本実験では、MDA300 をテンシオメータのデータ取得用に、MTS400 をノードの追加・削除に伴う通信状態の変化を観測するために、それぞれ使用している。ワイヤレスノードからのデータは図-1 に示す経路で Web サーバに届けられ、遠隔地からのデータの閲覧や警報の通知が可能なものとした。これらのシステムを写真-3 のように配置した。ここでは、斜面を左右に二分割し、二つのネットワークを構築した。各ネットワークには斜面の上部・中部・下部の3箇所に計測地点を設け、各計測地点には MTS400 と深さ 20・40・60・80・100cm の5基のテンシオメータを MDA300 に3本、2本に分



写真-1 気象観測用基板とセンサノード



写真-2 外部センサ接続用基板とセンサノード

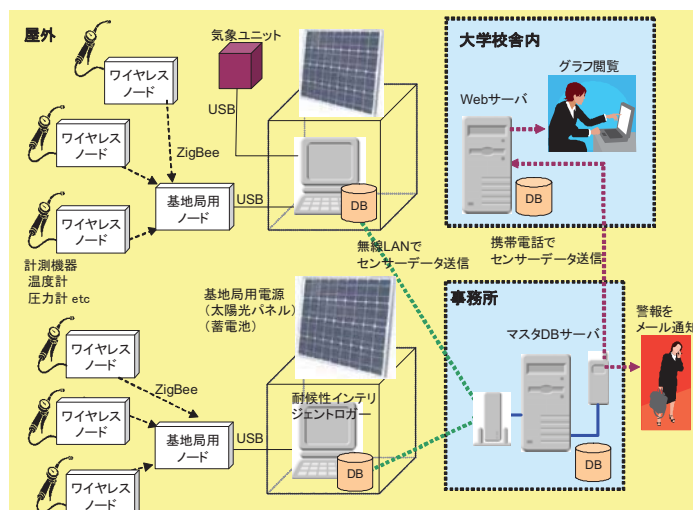


図-1 システムの概要

左右に二分割し、二つのネットワークを構築した。各ネットワークには斜面の上部・中部・下部の3箇所に計測地点を設け、各計測地点には MTS400 と深さ 20・40・60・80・100cm の5基のテンシオメータを MDA300 に3本、2本に分

キーワード 斜面防災, ワイヤレスセンサネットワーク, 降雨, テンシオメータ, 現地計測

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 防災システムリサーチセンター TEL:077-561-1111(6874)

けて接続し、設置した。これらのワイヤレスノードは、防水BOXに入れ、乾燥剤を封入し、設置した。また、右側のネットワークには気象ユニット(Davis社製 Vantage Pro2)を設置している。ここでは、斜面崩壊の予知および警報の解除に必要な要素として、温度、湿度、風速、日射量、雨量などを計測する。基地局は、基地局の電源確保が困難な状況を想定し、斜面上部のラックに設置し、太陽光発電(太陽光パネル・蓄電池)によってエネルギーを得ている。また、センサノードとテンシオメータのエネルギー源としては、リチウム電池をそれぞれ2本、4本利用した。なお、ワイヤレスノード、気象ユニットのデータ取得間隔は10分に設定して実験を行った。



写真-3 システムの現地設置状況

3. 計測結果・考察

図-2はセンサネットワークを通じて得られたデータのうち、1測点(写真-3の○印の地点)と気象ユニットのデータを示す。システム設置後、数日間はデータの取得が可能であったが、その後、しばらくの期間、データが取れなくなった。この原因は、基地局の電力不足であった。このため、太陽光発電パネルの増設を行った。その結果、データ取得状況は大きく改善したが、現時点で欠損なくデータを取得できる状況には至っていない。

一方で、太陽光発電による電力供給ができていない期間については、問題なくシステムからのデータ取得が行えるという結果となった。これより、システムそのものは有用なものであるといえる。

次に、リチウム電池の電圧降下は、図-2(b)に示すようになった。センサ基板の精度を維持するには、MDA300で電圧2.7Vが必要となる。図-2(b)に見られる電圧降下速度から、現時点での交換頻度は3ヶ月に1度程度にすることが妥当であるといえる。また、テンシオメータを接続する数は電圧降下には大きく影響しないことが分かった。

また、新たな問題として、写真-4に示すように、防水BOX内部に結露が見られ、内部に水が溜まる現象が発生した。この水は、センサノードの破損につながる恐れがあるため、水抜き対策が必要となる。

4. まとめ・今後の課題

ワイヤレスセンサネットワークを用いた計測システムの稼働が確認された。また、リチウム電池の交換は、最低でも3ヶ月程度に1度行えば良いので、システムのワイヤレス化に伴う大幅なメンテナンス頻度の増加はない。基地局部分の電源に関しては、現在、太陽光の発電量および基地局機器類の電力消費量を計測しており、今後、問題の解決に取り組む予定である。また、防水BOXの結露に関する課題もあわせて解決を目指す。さらに、引き続きデータを蓄積することで、危険ラインの明確化を行う予定である。

[謝辞] 本研究を進めるにあたり、立命館大学情報理工学部 講師 横田裕介氏、立命館大学情報理工学部 助教 原田史子氏には、たいへん有益な助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 酒匂一成, 深川良一, 岩崎賢一, 里見知昭, 安川郁夫:「降雨時の斜面災害防止のための重要文化財周辺斜面における現地モニタリング」, 地盤工学ジャーナル, Vol.1, No.3, pp.57-69, 2006.

